

# **TEMA 8**

## **MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS**

# EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS MINEROS

## TEMA 8. Métodos de estimación de costos.

La estructuración de los costos en minería es muy variada y compleja, ya que los procesos productivos se complican por la diversidad de operaciones



## Tipos de estimación de costos

### American Association of Cost Engineers (AACE)

- **Tipo I. Orden de Magnitud.**

Basado en los costos recogidos de proyectos anteriores de envergadura y alcance semejante. La precisión de este tipo es de  $\pm 30\%$ .

- **Tipo II. Estimación proporcional.**

Parte del costo de capital de los equipos principales. El resto de los equipos auxiliares es calculado como un porcentaje de los equipos principales. La precisión es de  $\pm 30\%$ .

- **Tipo III. Autorización del presupuesto (preliminar).**

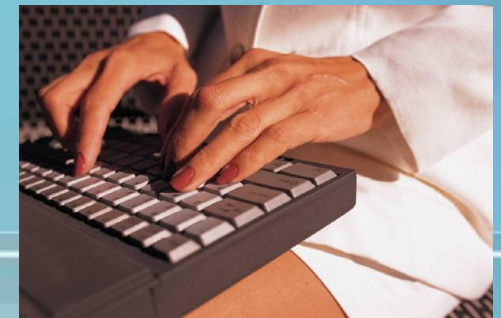
Se efectúa con suficientes datos actualizados como para presupuestar y tiene una precisión de  $\pm 20\%$ .

- **Tipo IV. Definitiva (control del proyecto).**

Se basa en datos completos y para ello se dispone de esquemas y planos no completos de ingeniería. La precisión probable es de  $\pm 10\%$ .

- **Tipo V. Detallada (Contratación).**

Se apoya en datos completos de la ingeniería con planos, especificaciones y tarifas actualizadas del lugar. La precisión probable es de  $\pm 5\%$ .



## Tipos de estimación de costos

### American National Standards Institute (ANSI)

La ANSI agrupó y simplificó las estimaciones en tres clases (ANSI Standard Z94.2):

- Clase I. Estimación de orden de magnitud. Precisión +50 y -30%.
- Clase II. Estimación preliminar. Precisión +30 y -15%.
- Clase III. Estimación definitiva. Precisión +15 y -5%.



# Métodos de estimación de costos

## Estimación de inversiones o costos de capital

En un proyecto minero nuevo las partidas más importantes son:

1. Adquisición de terrenos.
2. Estudios e investigaciones.
3. Desarrollo de preproducciones.
4. Estudios ambientales y permisos.
5. Equipos mineros, instalaciones y servicios.
6. Equipos de planta, instalaciones y servicios.
7. Infraestructura.
8. Diseño e ingeniería.
9. Construcción y montaje.
10. Contingencias e imprevistos.



## Capital circulante

El capital circulante es el dinero para comenzar la operación y asumir las obligaciones subsiguientes durante la puesta en marcha del proyecto.

Capital circulante

- Disponible (dinero en caja).
- Deudores (cuentas por cobrar).
- Acreedores (cuentas por pagar).
- Inventarios.

Se supone que el capital circulante se establece al comienzo del proyecto y se recupera al final de la vida del mismo.



## Método de la mesa redonda



Es un método de estimación subjetivo que proporciona un simple valor y que se basa en la experiencia o en la comparación directa con otros proyectos similares.

## Método del costo unitario e inversión específica



Consiste en multiplicar la capacidad de la instalación específica, que se expresa normalmente por el capital invertido por tonelada anual producida (\$/Ton/año)

Ejemplo:

Mina de cobre a cielo abierto

Producción anual prevista de mineral: 5.000.000 t/a

Inversión específica: 16.000 \$/t

La inversión total será:

$$16.000 \text{ \$/Ta} \times 5.000.000 \text{ t/a} = 80.000.000.000 \text{ \$}$$



En proyectos mineros **la estimación de costos** se integran en el siguiente esquema:

1. Descubrimiento del depósito e identificación del potencial minero a través de la exploración.
2. Estimación de Orden de Magnitud de los costos para el estudio de viabilidad preliminar.
3. Programa de investigación detallado (con estudios mineralúrgicos y definición del proceso de beneficio).
4. Estimación preliminar de los costos para el estudio de viabilidad.
5. Desarrollos de todos los cálculos necesarios para el diseño ingenieril de la mina y de la planta.



En proyectos mineros **la estimación de costos** se integran en el siguiente esquema:

6. Estimación definitiva de los costos para el estudio de viabilidad.
7. Diseño detallado de la mina y de la planta (especificaciones y diagramas de flujo).
8. Estimación detallada de los costos para el estudio de viabilidad.
9. Construcción de la planta y desarrollo de la mina.
10. Arranque y puesta en marcha.
11. Producción.



## Método del Índice de Facturación



Es igual al valor del producto por tonelada dividido por la inversión específica del proyecto.

En minería se suele verificar que la relación entre la facturación anual y la inversión total oscila entre 0,3 y 0,35.

P.e.: Un mineral tiene precio de venta de 15.000 \$/t

Índice de facturación de 0,35

La producción deseada es de 100.000 t/año

$$\text{Inversión total} = (15.000 \text{ \$/t} \div 0,35) \times 100.000 \text{ t/año} = \mathbf{4.285.714.300 \text{ \$}}$$

## Método de Ajuste Exponencial de la Capacidad

- Este método se conoce como “Regla de Williams”.
- Se usa en aquellos casos donde se desea obtener un “orden de magnitud”.
- Precisión de  $\pm 25\%$ .
- La inversión necesaria para un proyecto varía con la capacidad o tamaño del mismo.

La ecuación es

$$I = [K]^x$$

Donde:

“x” es el factor exponencial o de economía de escala.

“K” capacidad es una constante.

- “x” es un factor crítico.
- En proyectos de explotación lo habitual se encuentra entre 0,5 y 0,9.

## Método del Costos de Equipos



Se basa en los costos de los equipos principales.

Las expresiones más empleadas son de la forma:

$$\text{Costos} = a \cdot (x)^b$$

“x” es el parámetro característico del equipo.

“a” y “b” son constantes determinadas al ajustar los datos de precios.

Las ecuaciones de costos son más fiables para los equipos de plantas de tratamiento que para las unidades mineras, ya que los primeros están más estandarizados en el diseño y construcción.



## Método del Índice de costo

- Requiere una valoración de los equipos principales de la planta o mina.
- El costo total es proporcional a los costos de adquisición del equipo.

La ecuación es

$$I_T = K \cdot I_E$$

Donde:

$I_T$  : inversión total del proyecto.

“K” : factor LANG (Para planta mineralúrgicas oscila de 3 a 5).

$I_E$  : costos de equipos principales.

- La precisión alcanza  $\pm 20\%$ .
- Para aplicar este método a una planta mineralúrgica requerimos tener más información, la cual debe contar con: diagrama de flujos, descripción de la planta, situación topográfica, especificaciones preliminares de los equipos, listas de motores, entre otros.

## Método del Costos de Equipos

Este método es un perfeccionamiento del anterior, ya que en lugar de utilizar un solo factor para el conjunto de la instalación, mina o planta, se emplean diferentes factores para cada categoría o clase de equipos semejantes.



La ecuación de la inversión total será igual a:

$$I = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_i$$

Donde:

$I$  : inversión o costo total de la instalación.

$K_i$  : índice de costos de equipos, correspondiente al equipo de clase "i".

$C_i$  : costo del equipo de clase "i".

$i$ : unidad principal o equipo principal.

## Método del Costos de Equipos

A nivel de ingeniería básica es el método más empleado.



Se basa también en el costo de los equipos principales o auxiliares.

- Precisión del  $\pm 15\%$ .

La expresión general es la siguiente:

$$I_T = I_E \cdot (1 + \sum K_i/100) \cdot (1 + g)$$

Donde:

$I_T$  : costo total de la instalación.

$I_E$  : costo total de los equipos principales y auxiliares.

$K_i$  : índice de costos de partida "i" expresado en tanto por ciento del costo del equipo.

$g$  : factor de costos indirectos, tales como imprevistos e ingeniería.

## Estimación detallada

- Son las últimas y más precisas.
- Se basan en los diseños de ingeniería de detalle, esquema de flujo y listas de equipos.
- Estimaciones detalladas sirven de guía para la adquisición de la maquinaria.
- También son elementos de control y referencia durante el desarrollo y construcción del proyecto.



## Estimación detallada

- Se valoran como un porcentaje de la suma de todos los demás componentes.
- Esta partida debe incluir los posible errores asociadas al procedimiento de estimación aplicado, así como otro tipo de errores que se han de cometer en la preparación de una estimación.
- Un valor usado normalmente es el 15% del costo de capital total de los equipos.

Se conocen como  
imprevistos o  
contingencia.





## Ingeniería

- Deben asignarse a los costos de capital.
- Corresponden a trabajos relacionados con la selección de equipos, diseño de la explotación, desarrollo del proyecto, petición y estudio de ofertas, entre otros.



Un costo medio de ingeniería para proyectos mineros es de  $\pm 10\%$  de costo total de los equipos

## Estimación de los costos de operación

- La estimación de los costos de operación presenta más problemas que la estimación de costos de capital.
- Esto debido a los factores de: geología del yacimiento, tipo y número de equipos utilizados, personal involucrado, condiciones ambientales, localización geográfica, organización empresarial, entre otras.



Los costos de operación se pueden subdividir en tres categoría:

- Costos directos.
- Costos indirectos.
- Costos generales.

## Costos Directos

Los costos directos o variables, costos primarios de operación:

### A. Personal

- de operación.
- de supervisión de la operación.
- de mantenimiento.
- de supervisión del mantenimiento.
- otras cargas salariales.

### B. Materiales

- Repuestos y materiales de reparación.
- Materiales para el tratamiento.
- Materias primas.
- Consumibles: gasoil, electricidad, agua, entre otros.

### C. Cánones.

### D. Preparación y desarrollo (Área de producción).

## Costos Indirectos

Los costos indirectos o fijos se consideran independientes de la operación:

### A. Personal

- administrativo.
- seguridad.
- técnico.
- servicios.
- almacén y talleres.
- otras cargas salariales.

### B. Seguros

- de propiedad y de responsabilidad.

### C. Amortización.

### D. Interés.

### E. Impuestos.

### F. Restauración de terrenos.

### G. Viajes, reuniones, congresos y donaciones.

### H. Gastos de oficina y servicios.

### I. Relaciones públicas y publicidad.

### J. Desarrollo y preparación (para la totalidad de la mina).

## Costos Generales

Los costos generales pueden considerarse o no como parte de los gastos de operación. Algunos corresponden a determinado proceso o unidad del ciclo completo de producción:

### A. Comercialización

- Vendedores.
- Estudios de mercado.
- Supervisión.
- Viajes y gastos de representación.
- Otras cargas salariales.

### B. Administrativos

- Gerencia y dirección gerencial.
- Contabilidad y auditoría.
- Departamento central de planificación y geología.
- Departamento de investigación y desarrollo.
- Departamentos jurídico y financiero.
- Relaciones públicas.
- Entre otros.



## Tipos de estimación de costos de operación

- Método del Proyecto Similar.
- Método de la Relación Costo – Capacidad.
- Método de los componentes del costo.
- Método del costo detallado.



## Método del Proyecto Similar

Consiste en suponer que el proyecto o proceso objeto de estudio es semejante a otro ya existente del cual se conocen los costos.

Concepto	Porcentaje del costo total
<ul style="list-style-type: none"><li>• Personal.</li><li>• Reparaciones, mantenimiento y suministros.</li><li>• Varios.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 50 - 55%.</li><li>• 30 - 40%.</li><li>• 5 - 20%.</li></ul>

Métodos de explotación	Porcentaje que representa el personal en el costo total
Cámaras y pilares	44
Corte y relleno	57
Cámaras por subniveles	60
Hundimientos por subniveles	64
Hundimientos de bloques	55
Cielo abierto	35

## Método de la Relación Costo – Capacidad

Este método se basa en el empleo de gráficos o fórmulas en los que se han correlacionado los costos con las capacidades de producción de diferentes explotaciones.

Esencialmente, es el mismo método que se utiliza en la estimación de los costos de capital.



## Método de los Componentes del Costo

Cuando el proyecto ha progresado hasta el punto en que se conoce: la plantilla de personal, las dimensiones de las obras de infraestructura, los consumos de materiales, los equipos necesarios, entre otros, es posible desarrollar un sistema de estimación de costos basado en los gastos unitarios o elementales, tales como los que se indican a continuación:

- \$/m de pozo o barreno.
- \$/m de galería.
- t/jornada.
- kg/t de mineral.
- \$/m<sup>3</sup> de recubrimiento.
- \$/t de perforación.
- \$/t de equipos varios.
- entre otros.

Estos pueden utilizarse como tales o bien expresarse como un porcentaje de otros costos de mayor peso.

## Método de los Componentes del Costo

Estos pueden utilizarse como tales o bien expresarse como un porcentaje de otros costos de mayor peso.

Algunos ejemplos son los siguientes:

- **Reparaciones y mantenimiento:**  
2-5% del costo de capital de los equipos.
- **Gastos generales y administración:**  
2-3% de las ventas.
- **Seguros:**  
2-3% de la inversión en equipos.
- **Impuestos:**  
2-3% de los costos de capital de los equipos.
- **Indirectos:**  
10-30% del personal directo más materiales.
- **Cargas salariales:**  
30-50% de los costos directos de personal.



## Método del Costo Detallado

Los costos de operación deben deducirse a partir de los costos principales. Este proceso constituye el único método seguro para estimar los costos de operación de un proyecto.

En la estimación de los costos horarios de los equipos, los conceptos que deben tenerse en cuenta son:

1. Costos directos de funcionamiento.
  - a) Consumos.
    - Energía eléctrica.
    - Combustible.
    - Lubricantes.
  - b) Reparaciones.
  - c) Neumáticos.
  - d) Elementos de desgaste.
  - e) Operador.
2. Costos directos de funcionamiento.
  - a) Amortización.
  - b) Intereses del capital.
  - c) Seguros.
  - d) Impuestos.



## Imprevistos

El porcentaje de imprevistos se aplica sobre los costos de operación (directos, indirectos y generales) para tener en cuenta alguna eventualidad durante el período de trabajo.

Las cifras que se utilizan varían entre el 10 y el 25%, dependiendo del nivel de detalle de estimación de los costos.

## Modelos completos de estimación de costos

- Modelo del U.S. Bureau of Mines (CES - Cost Estimating System).
- Modelo de O'Hara.
- Modelo de Fluor Utah.
- Modelo de Burzlaff – Lohrenz – Monash.
- Modelo EPRI.
- entre otros.

